

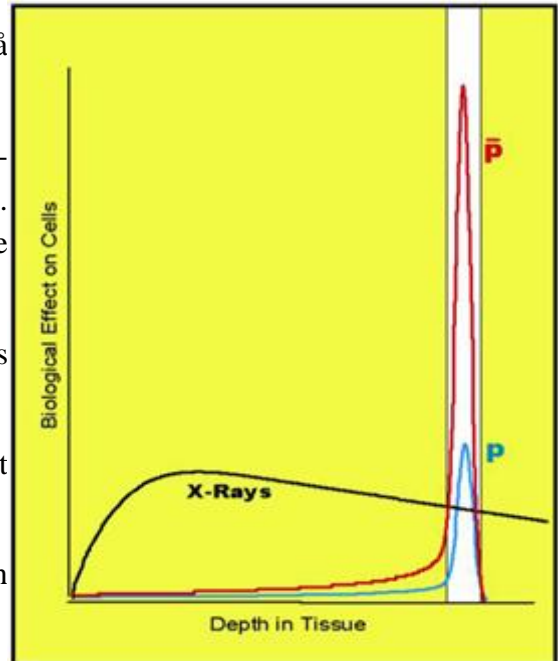
## Nr. 6-2006 Antipartikler mod kræft

Fag: Fysik A/B

Udarbejdet af: Michael Bjerring Christiansen, Århus Statsgymnasium, feb. 2007, opd. Jan. 2010

### Spørgsmål til artiklen

1. Hvilke to hovedtyper af stråleterapi bruges på nuværende tidspunkt i kræftbehandling?
2. Beskriv fordele og ulemper ved de to typer stråleterapi og sammenlign med antiprotonstråling ( $\bar{p}$ ). Figuren til højre er mere realistisk end den tilsvarende figur i artiklen (X-rays=røntgenstråler).
3. Beskriv, hvordan man har undersøgt antiprotoners biologiske effekt på celler.
4. Forklar, hvorfor antiprotoner er mere effektive til at ødelægge kræftceller end protoner.
5. Forklar, hvordan en ladet partikel kan ødelægge en celle.

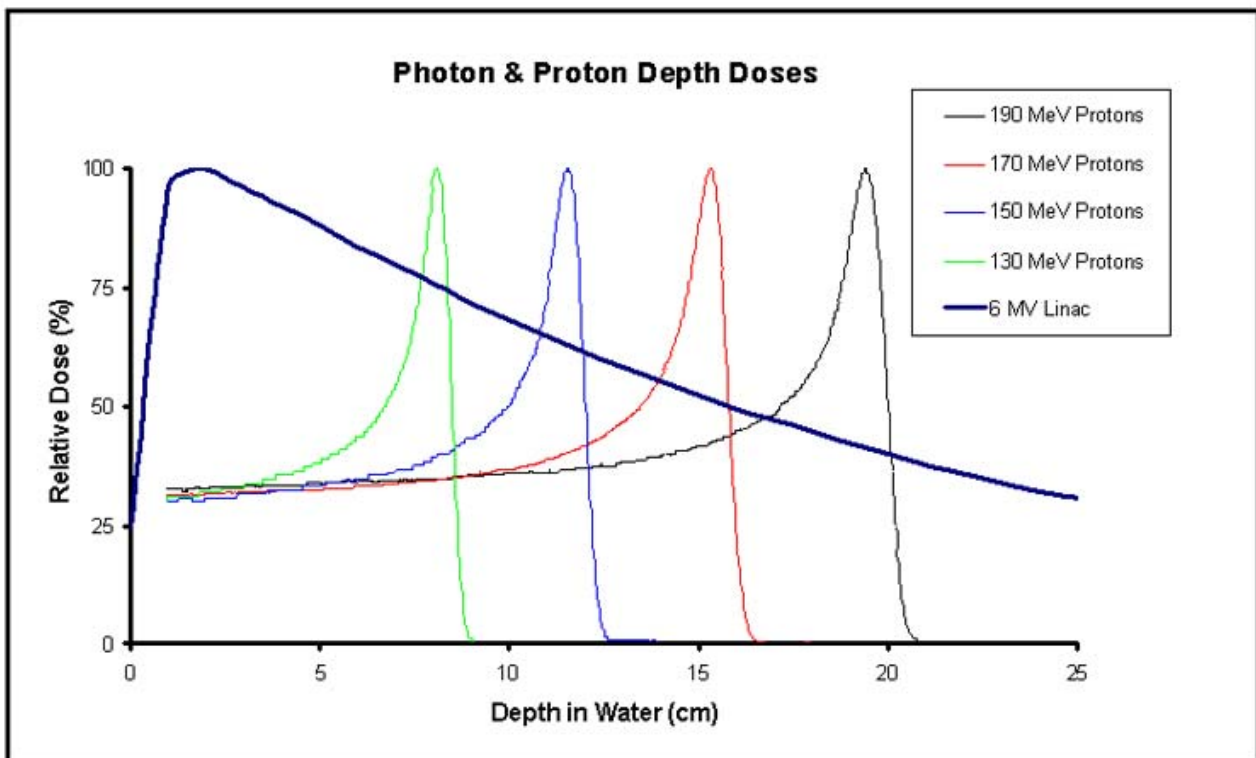


Ref.: [http://www.medicalantimatter.com/AD-4\\_ACE.doc](http://www.medicalantimatter.com/AD-4_ACE.doc)

### Uddybende opgaver og spørgsmål

6. Kernefragmenter dannes, når antiprotonen ( $\bar{p}$ ) annihilerer med en proton i en atomkerne. Den frigjorte energi splitter atomkernen ad i såkaldte kernefragmenter – som blot er mindre atomkerner.  $\alpha$ -partikler er et typisk eksempel på et sådan kernefragment. Giv eksempler på mulige kernefragmenter der kan dannes ved følgende reaktion  $\bar{p} + {}^{16}_8\text{O} \rightarrow {}^{15}_7\text{N}^* \rightarrow \dots$  Stjernen efter  $\text{N}^*$  betyder, at nitrogenkernen er i en meget høj, ustabil energitilstand og som følge heraf vil den splittes ad.
7. Find den typiske rækkevidde af  $\alpha$ -partikler (fx i en databog) i kropsvæv. En typisk celle har en størrelse på 5-50  $\mu\text{m}$ . Brug dette til at forklare, hvorfor kernefragmenterne standses inde i kræftsvulsten.
8. Ud over kernefragmenter, neutroner og  $\gamma$ -stråling dannes også en type partikler, som kaldes mesoner. Et vigtigt eksempel på en meson er pionen (betegnes med  $\pi$ ). Undersøg vha. en databog, hvor mange typer pioner der er, hvad de består af, hvordan de henfalder og hvad deres middellevetider er.
9. Forklar kort (brug eventuelt internettet), hvordan en PET-skanner virker.

10. Det nævnes i artiklen, at en antiproton bestråling har den fordel, at man, mens behandlingen foregår, vha. en PET-skanner kan "se", hvor strålingen rammer. Hvilken type pion er det, der er med til at gøre dette muligt (der dannes også positroner)?
11. Hvor langt kan sådanne pioner i gennemsnit nå at bevæge sig inden de henfalder, hvis de har en fart på 10% af lysets fart i vacuum (en typisk fart er noget mindre), og hvorfor er det vigtigt?
12. På figuren herunder ses dybdedosiskurver for røntgenstråling og protoner med forskellig energi. Det ses af figuren, at jo højere protonernes energi er des dybere trænger de ind inden den maximale energi afsættes. Mål omhyggeligt dybden hvor den relative dosis er 100 % for hver af de fire proton-energi (det gøres mest præcist ved først at måle afstanden i cm fra 2.-aksen til de fire kurvers toppunkter og vha. 1.-aksen dernæst at måle den afstand i cm som svarer til en vanddybde på 25 cm. Forholdet mellem de to afstande gange 25 cm giver så vanddybden i cm for den valgte energi). Brug regneark eller en lommeregner til at undersøge om sammenhængen mellem protonernes energi og dybden, hvor dosis er 100 %, beskrives bedst ved en lineær, en eksponentiel eller en potens model.



Ref.: <http://www.massgeneral.org/cancer/about/providers/radiation/proton/principles.asp>

13. Brug den bedste model til at beregne indtrængningsdybden i vand hvis protonen har en energi på henholdsvis 100 MeV og 300 MeV.
14. En kræftsvulst sidder i 5 centimeters dybde. Brug modellen til at beregne hvilken energi protonerne skal have for at bestråle svulsten mest effektivt. Er modellen realistisk for den beskrevne situation, forklar?

- Undervisningsmateriale til udvalgte artikler fra tidsskriftet *Aktuel Naturvidenskab* •
- Se mere på [www.aktuelnaturvidenskab.dk](http://www.aktuelnaturvidenskab.dk) •

## Perspektiverende opgaver og spørgsmål

15. I artiklen anslås det at det vil koste knap en million at behandle en patient med antiprotoner. Sammenlign med priser på andre sygdomsbehandlinger (se tabellen herunder) og diskutér rimeligheden i at bruge så mange penge på én patient.

*De 10 dyreste enkeltbehandlinger, 2002.*

| Behandling  | Pris<br>Kr. |
|---|-------------|
| Levertransplantation  | 966.403     |
| Lungetransplantation  | 736.473     |
| Allogen knoglemarvstransplantation m. ubeslægtet donor                | 686.785     |
| Hjertetransplantation   | 679.885     |
| Allogen knoglemarvstransplantation m. beslægtet donor                 | 550.495     |
| Brystbenseninfektion  | 454.312     |
| Korttarmsyndrom   | 390.303     |
| Børn med fødselsvægt < 1000 gram el. GA < 28 uger, meget komplicerede | 380.052     |
| Omfattende forbrænding med operativ behandling                        | 353.598     |
| Nyretransplantation   | 351.274     |

Kilde: *Takstkataloget for DRG.*

Ref.: [http://indenrigsministeriet.dk/publikationer/sundhedssek\\_tal\\_2002-2003/Til%20internettet%20SIT2003.pdf](http://indenrigsministeriet.dk/publikationer/sundhedssek_tal_2002-2003/Til%20internettet%20SIT2003.pdf)

16. En meget vigtig skanningsmetode når man skal undersøge hvad en patient fejler, er en såkaldt MR-skanning (magnetisk resonans). Metoden kaldes i virkeligheden NMR-skanning, hvor *N* står for *nuclear*. Men dette ord, der kan oversættes med "*som hører til (atom)kernen*", forbinder mange mennesker med noget negativt eller farligt, og for ikke at skræmme patienterne hedder metoden i hospitalsverdenen blot MR-skanning.

Diskutér om strålebehandling med antiprotoner også bør have et mere "neutralt" navn, idet antistof og annihilation (tilintetgørelse) også – og her med rette – kan forbindes med noget farligt og kom med forslag til et andet navn for behandlingsmetoden.

## Eksamensopgaver med relevans

Fysik Højt Niveau, August 2004, opgave 2, Cancerbehandling med neutroner

Fysik Højt Niveau, Maj-juni 2005, opgave 4, Strålebehandling

[Opgave om PET-scanning fra fysikolympiaden 2009](#)

## Relateret materiale

### Generelt

Brian Krog Christensen, Medicinsk fysik, Fysikforlaget 2005

<http://www.emu.dk/gym/fag/fy/inspiration/forloeb/kvantefysik/hospitalsfysik.html>

[www.apoteket.dk](http://www.apoteket.dk)

[www.cancer.dk](http://www.cancer.dk)

[www.liv.dk](http://www.liv.dk)

[www.sundhed.dk](http://www.sundhed.dk)

- Undervisningsmateriale til udvalgte artikler fra tidsskriftet Aktuel Naturvidenskab •
  - Se mere på [www.aktuelnaturvidenskab.dk](http://www.aktuelnaturvidenskab.dk) •
- 

### **Antiprotonterapi**

Søgeord: antiproton therapy,

<http://whome.phys.au.dk/~bassler/work.shtml?Pbarfaq> (eng.)

<http://physics.nist.gov/PhysRefData/Star/Text/PSTAR.html> (eng.) (beregning af rækkevidde for (anti)-protoner)

[http://www.medicalantimatter.com/AD-4\\_ACE.doc](http://www.medicalantimatter.com/AD-4_ACE.doc)

### **NMR-skanning**

Søgeord: nmr skanning

[www.drcmr.dk/Intro.pdf](http://www.drcmr.dk/Intro.pdf)

### **PET-skanning**

Søgeord: pet scanning, pet scanning physics

<http://physicsweb.org/articles/world/15/6/7> (eng.)

<http://www.triumf.ca/welcome/petscan.html> (eng.)

### **Protonterapi**

Søgeord: photon proton depth dose

[http://radmed.web.psi.ch/asm/gantry/why\\_p/n\\_why\\_p.html](http://radmed.web.psi.ch/asm/gantry/why_p/n_why_p.html) (eng.)

<http://www2.massgeneral.org/cancer/about/providers/radiation/proton/whatis.asp> (eng.)

### **Tungionterapi**

Se fx GSI's hjemmeside [http://www.gsi.de/portrait/Broschueren/ionenstrahlen\\_e.html](http://www.gsi.de/portrait/Broschueren/ionenstrahlen_e.html) (eng.)

<http://www.gsi.de/documents/DOC-2007-Jul-130-1.pdf> (eng.)